

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-309418

(43)公開日 平成6年(1994)11月4日

(51)Int.Cl.⁵
G 0 6 F 15/60

識別記号 庁内整理番号
400 K 7623-5L

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数19 OL (全 24 頁)

(21)出願番号 特願平5-94094

(22)出願日 平成5年(1993)4月21日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 太田 ▲吉▼美

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 好永 俊昭

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

(72)発明者 大越 茂

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

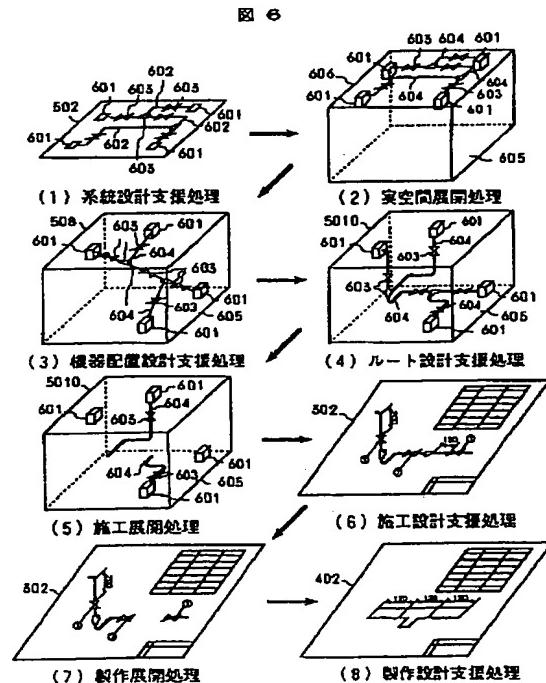
(54)【発明の名称】 プラント機器設計生産支援システム

(57)【要約】

【目的】プラント機器等の二次元の系統設計情報から三次元配置設計が容易に行われる設計生産支援システムを提供することにある。

【構成】プラントを構成する複数の機器の接続関係を記述する二次元論理接続情報を、このプラントを構成する機器が配置される配置スペース情報に基づき、三次元空間に展開し立体構造物配置情報を得る三次元空間展開手段を有するプラント機器設計生産支援システム。上記三次元空間展開手段は複数の機器の接続関係を保った状態で、これらの機器が配置される配置スペースの所定面に重ねて表示する手段と、これらの機器の接続関係を保った状態で上記配置スペース内に各機器を移動させる手段とを有している。

【効果】プラント機器の基本設計情報から詳細設計情報、更には、生産情報までを一貫して生成することができ、設計生産の大幅な効率向上や設計生産工程の短縮、設計生産の信頼性の向上が図れる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】計算機の表示画面を介し、対話的にプラントを構成する機器をプラント空間に配置設計するプラント機器設計生産支援システムにおいて、
プラントを構成する複数の機器の接続関係を記述する二
次元論理接続情報を格納するメモリと、
上記メモリから得られるプラントの二次元論理接続情報
を、このプラントを構成する機器が配置される配置スペ
ース情報に基づき、三次元空間に展開し立体構造物配置
情報を得る三次元空間展開手段とを有し、
上記三次元展開手段により得られる立体構造物配置情報
に基づき、上記プラント機器の生産情報を生成するプラ
ント機器設計生産支援システム。

【請求項2】請求項1において、上記メモリに格納され
る二次元論理接続情報は、プラントを構成する複数の機
器をシンボル形状で、及び、これらの機器間を接続する
配管を一ラインで記述する情報を含んでいることを特徴
とするプラント機器設計生産支援システム。

【請求項3】請求項1において、上記三次元空間展開手
段は、上記二次元論理接続情報を複数の機器の接続関係
を保った状態で、これらの機器が配置される配置スペ
ースの所定面に重ねて表示する手段を有していることを特
徴とするプラント機器設計生産支援システム。

【請求項4】請求項3において、上記配置スペースの所
定面に重ね表示する手段は、重ね表示された機器の特定
の機器を、その機器の仕様、形状、材質等の属性情報に
に基づいて、立体表示することを特徴とするプラント機器
設計生産支援システム。

【請求項5】請求項1において、上記配置スペース情報
は、上記複数の機器が配置される建屋の外形形状、船体
形状、プラント空間での配置位置などの建屋設計情報を
含むことを特徴とするプラント機器設計生産支援システム。

【請求項6】請求項1において、上記三次元空間展開手
段は、複数の機器の接続関係を保った状態で、上記配置
スペース内に各機器を移動し、これらの機器の位置を決
定する手段を有することを特徴とするプラント機器設計
生産支援システム。

【請求項7】請求項6において、上記機器の位置を決定
する手段は、上記画面上に、機器の移動を時間的に連続
して表示するドラッギング表示手段を有していることを
特徴とするプラント機器設計生産支援システム。

【請求項8】請求項6または7において、上記機器の位
置を決定する手段は、機器の移動に伴ってその機器に接
続される他の機器との接続状態をラバーバンド表示する
手段を有することを特徴とするプラント機器設計生産支
援システム。

【請求項9】請求項6、7または8において、上記三次
元空間展開手段は、配置スペース内での位置が決定され
た機器間を接続する配管の経路を決定するルート設計手

段を有することを特徴とするプラント機器設計生産支援
システム。

【請求項10】請求項1において、三次元空間に展開さ
れた上記立体構造物配置情報から、各機器の生産上の制
約に基づいて生産情報に展開する生産展開手段を有して
いることを特徴とするプラント機器設計生産支援システ
ム。

【請求項11】請求項10において、上記生産展開手段
は、プラントの施工設計情報、及び、製作設計情報を生
成するために施工展開手段、及び、製作展開処理手段を
有していることを特徴とするプラント機器設計生産支援
システム。

【請求項12】請求項9において、上記配管の経路が決
定されたルート設計情報から、施工展開する範囲の指定
により、上記ルート設計情報の一部を施工設計情報として
生成し、この施工設計情報から製作する範囲の指定に
より、施工設計情報の一部を製作設計情報の一部として
生成する手段を有することを特徴とすることを特徴とす
るプラント機器設計生産支援システム。

【請求項13】計算機の表示画面を介し、対話的にプラ
ントを構成する機器をプラント空間に配置設計するプラ
ント機器設計システムにおいて、
プラントを構成する複数の機器の仕様、形状、材質等の
属性情報である機器設計情報と、これらの機器の接続関
係を示す情報系統設計情報と、及び、これらの複数の機
器が配置される建屋の外形形状、船体形状、プラント空
間での配置位置などの建屋設計情報を入力する手段
と、

上記入力された機器設計情報、系統設計情報、及び、建
屋設計情報を用いて、これらの機器をプラント空間に三
次元的に展開配置する三次元空間展開手段であって、
複数の機器の接続関係を保った状態で、これらの機器が
配置される配置スペースの所定面に重ねて表示する手段
と、

表示された各機器をこの配置スペース内で移動し、これ
らの機器をプラント空間に配置設計する手段と、
配置スペース内での位置が決定された機器間を接続する
配管の経路を決定するルート設計手段とを有する三次元
空間展開手段とを備えたプラント機器設計システム。

【請求項14】請求項13において、情報系統設計情報
は、上記複数の機器をシンボル形状で、及び、これら
の機器間を接続する配管を一ラインで記述する情報であ
ることを特徴とするプラント機器設計システム。

【請求項15】請求項13において、上記配置スペース
の所定面に重ね表示する手段は、重ね表示された機器の
特定の機器を、その機器の仕様、形状、材質等の属性情
報に基づいて、立体表示することを特徴とするプラント
機器設計生産支援システム。

【請求項16】計算機の表示画面を介し、対話的にプラ
ントを構成する機器をプラント空間に配置設計するプラ

ント機器設計生産支援システムにおいて、
プラントを構成する複数の機器の仕様、形状、材質等の属性情報である機器設計情報と、これらの機器の接続関係を示す系統設計情報と、及び、これらの複数の機器が配置される建屋の外形形状、軀体形状、プラント空間での配置位置などの建屋設計情報を入力する手段と、
上記入力された機器設計情報、系統設計情報、及び、建屋設計情報をデータベースとして蓄積管理するデータベース管理手段と、
上記蓄積されたデータベースを用い、複数の機器が配置される配置スペースに、これらの機器、及び、これらの機器を接続する配管経路を三次元的に展開配置する三次元空間展開手段と、

三次元空間に展開された機器、及び、配管経路の立体配置情報に基づき、上記プラント機器の生産情報を生成するプラント機器設計生産支援システム。

【請求項17】 請求項16において、上記データベース管理手段は、プラントを構成する複数の機器、及び、これらの接続関係を記述した二次元の系統設計情報、並びに、この情報に基づいて展開された三次元の立体構造物配置情報を同一のデータ構造で管理していることを特徴とするプラント機器設計生産支援システム。

【請求項18】 請求項17において、上記データベース管理手段は、上記複数の機器の二次元もしくは三次元の位置情報、及び、これらの機器を接続する系統ラインもしくはルート情報をそれぞれグループセルとして管理していることを特徴とするプラント機器設計生産支援システム。

【請求項19】 請求項18において、上記データベース管理手段は、上記機器を構成する複数の要素を、並びに、上記系統ラインもしくはルート上の分岐点、及び、系統ラインもしくはルート上に配置される部品を上記グループセルを構成するセルとして管理することを特徴とするプラント機器設計生産支援システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、三次元CADシステムを用いたプラント機器の配置や、配管等の設計生産支援システムに関し、特に構想、基本設計の段階から施工、製作の段階までを統合化し、設計生産の省力化に好適な設計生産支援システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の設計生産支援システムにおいては、「CIM時代のCAD/CAM, CAE」(日経コンピュータグラフィックス、1989年1月号、P21～P53)や「開かれたCADがもたらすグローバルCIMの姿」(日経コンピュータグラフィックス、1991年5月号、P14～P29)に記載のように、設計生産の各部門が個別にできるところから必要なシステムを開発したり、市販されているシステムを導入することに

より、設計生産支援システムを実現してきた。このような設計の過程では図面が主要な情報伝達手段であり、従来はこれらの図面作成に重点が置かれており、この図面を作成する支援手段は個々に開発し、実用化している。しかしながら、全体を統合する設計生産支援システムはまだ実現されていない。

【0003】 また、例えば、特開昭64-28785号公報に記載されているように、系統設計情報である系統図を三次元CADに受渡し、系統図から機器の三次元パターンや配置位置を生成し、その間を三次元CADで配管する操作を行うプラント機器配置設計システムが知られている。しかしながら、二次元の系統図を機器の三次元配置へ展開する点については述べられていない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は上記問題点を解決し、プラント機器等の二次元の系統設計情報から三次元配置設計が容易に行われる設計生産支援システムを提供することにある。

【0005】 本発明の他の目的は、構想、基本設計の段階から施工、製作の段階までの情報を一元管理できる設計生産支援システムを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明のプラント機器設計生産支援システムによれば、プラントを構成する複数の機器間の接続関係を記述する二次元論理接続情報を、このプラントを構成する機器が配置される配置スペース情報に基づき、三次元空間に展開し立体構造物配置情報を得る三次元空間展開手段を有している。上記二次元論理接続情報は、プラントを構成する複数の機器をシンボル形状で、及び、これらの機器間を接続する配管を一ラインで記述する系統図情報を含んでいる。

【0007】 本発明の望ましい態様では、上記三次元空間展開手段は複数の機器の接続関係を保った状態で、これらの機器が配置される配置スペースの所定面に重ねて表示する手段を有する。重ね表示の際には、特定の機器をその機器の仕様、形状、材質等の属性情報に基づき、立体表示をすることが好ましい。

【0008】 また、上記三次元空間展開手段は、これらの機器を配置される配置スペースの所定面に重ねて表示した後、更にこれらの機器の接続関係を保った状態で上記配置スペース内に各機器を移動させる手段を有していることが好ましい。機器の移動に際しては、時間的に連続して表示するドラッギング表示をし、更には、移動した機器に接続される他の機器との接続状態をラバーバンド表示すれば操作性が向上する。

【0009】 更に、本発明のプラント機器設計生産支援システムによれば、プラントを構成する複数の機器の仕様、形状、材質等の属性情報である機器設計情報と、これらの機器の接続関係を示す系統設計情報と、及び、これらの複数の機器が配置される建屋の外形形状、軀体形

情報、プラント空間での配置位置などの建屋設計情報とをデータベースとして蓄積管理するデータベース管理手段を有し、このデータベースを用い、複数の機器が配置される配置スペースに、これらの機器、及び、これらの機器を接続する配管経路を三次元的に展開配置する。

【0010】データベース管理手段は、上記機器設計情報と、系統情報と、建屋設計情報と、及び、これら的情報に基づいて展開された三次元の立体構造物位置情報を同一のデータ構造で管理していることが望ましい。この一態様としては、複数の機器の二次元の位置情報もしくは三次元の配置情報、及び、これらの機器を接続する二次元の系統ラインもしくは三次元のルート情報をそれぞれグループセルとして管理する。

【0011】

【作用】三次元空間展開手段は、プラントを構成する複数の機器の接続関係を示す二次元論理接続情報を、その機器が実際に配置される建屋の配置スペース情報に基づいて、三次元空間に展開し、機器の配置、機器間を接続する配管設計の初期設計案を提供する。操作者は画面上に表示されたこの三次元の初期設計案に基づき、各機器を配置スペース内で移動させそれぞれの機器の最適配置を容易に決定出来る。

【0012】データベース管理手段は、二次元論理接続情報と、この情報に基づいて展開された三次元の立体構造物位置情報を同一のデータ構造で管理しており、プラント機器の基本設計の段階から施工、製作までの段階が一元管理できる。このことにより、プラント機器の基本設計情報から詳細設計情報、更には、生産情報までを一貫して生成することが出来、設計生産の大幅な効率向上や設計生産工程の短縮、設計生産の信頼性の向上が図れる。

【0013】

【実施例】本発明をプラントの設計生産支援システムに適用した実施例について、図1～図18により説明する。以下、説明を分かりやすくするために(1)～(13)項に分けて記述する。

【0014】(1) 実施例の概要

図1に本発明における二次元の論理接続情報から三次元の立体構造物配置情報へ展開する概念図を示す。図において、論理接続情報102は入出力インターフェイス105を介し、設計者106と計算機101との対話処理で生成される。生成された論理接続情報102はメモリー内のデータベース107に格納される。実空間展開処理103では、設計が完了した論理接続情報102がデータベース107から検索され三次元の実空間に展開され、立体構造物配置情報104が生成される。ここで、実空間展開処理103では二次元の論理接続情報を、機器が実際に配置される配置スペース情報に基づいて三次元空間に展開する。実空間展開処理103については(6)項で詳述する。

【0015】実空間に展開された立体構造物配置情報104は、配置、配管設計の初期設計案として利用され、入出力インターフェイス105を介し、設計者106と計算機101との対話処理で修正、変更が加えられ、より適切な立体構造物配置情報104が生成され後、データベース107に格納される。設計が完了した立体構造物配置情報104は次の生産設計段階で用いられる。

【0016】図2に立体構造物配置情報104から生産情報を生成する概念図を示す。ここで生産情報とは施工設計情報(施工図)及び製作設計情報(製作図)を意味する。立体構造物の配置設計が完了した立体構造物配置情報104は、生産展開処理201により、生産設計段階の生産情報202に展開される。生産設計では生産展開処理201で生成された生産情報202をベースとし、入出力インターフェイス105を介し、設計者106と計算機101との対話処理で詳細化が行われる。このようにして設計が完了した生産情報202はデータベース107に格納され、必要に応じて実際の生産現場の、立体構造物の製作段階、現地での施工段階で利用される。

【0017】図3は施工展開の概念図を示したものである。図において、機器の配置設計や配管などのルート設計が完了した立体構造物配置情報104は、施工展開処理301により施工設計段階の施工設計情報302に展開される。施工設計では施工展開処理301で自動生成した施工設計情報302をベースとし、入出力インターフェイス105を介し、設計者106と計算機101との対話処理で詳細化を行い、立体構造物配置情報104に基づいた施工設計情報302を生成し、データベース107に格納する。設計が完了した施工設計情報302はデータベース107から検索され、実際の生産現場に伝達することにより、現地で施工段階で利用される。施工展開処理301については(9)項で詳述する。

【0018】図4は製作展開の概念図を示したものである。図において、設計が完了した施工設計情報302は、製作展開処理401により、製作設計段階の製作設計情報402に展開される。製作設計では製作展開処理401で自動生成した製作設計情報402をベースとし、入出力インターフェイス105を介し、設計者106と計算機101との対話処理で詳細化を行い、施工設計情報302に基づいた製作設計情報402を生成し、データベース107に格納する。設計が完了した製作設計情報402はデータベース107から検索され、実際の生産現場に伝達することにより、工場での製作が行われる。製作展開処理401については(11)項で詳述する。

【0019】

(2) プラント構造物の設計生産一貫システム

図5に上記の実空間展開処理103及び生産展開処理201を組合せ設計生産一貫システムの実施例を示す。図

において、系統設計支援処理 501 により系統設計情報（系統図）502 が生成される。また、機器設計支援処理 503 により機器の仕様、形状、材質などの属性情報である機器設計情報（機器図）504 が、建屋設計支援処理 505 により建屋の外形形状、軀体形状、プラント空間での配置位置などの建屋設計情報（建屋図）506 が生成される。系統設計支援処理 501 により生成された二次元の系統設計情報（系統図）502 は、機器設計情報（機器図）504 および建屋設計情報（建屋図）506 に基づいて実空間展開処理 103 によって三次元配置空間に展開され、立体構造物情報の初期設計案が生成される。この初期設計案を基に、機器配置設計支援処理 507 により詳細な機器配置設計情報（配置図）508 が生成される。更に、機器配置設計情報（配置図）508 に基づき、ルート設計支援処理 509 によりルート設計情報（ルート図）5010 が生成される。以上の処理は、設計者によってディスプレイ上で対話的に行われる。従って、機器の接続関係を記述した系統図に基づいた機器の三次元建屋空間への配置が、効率良くしかも最適に行われる。

【0020】なお、系統設計支援処理 501 については（3）項で、機器設計支援処理 503 は（4）項で、建屋設計支援処理 505 は（5）項でそれぞれ詳述する。

【0021】上述の処理で得られた立体構造配置情報 104 は、生産展開処理 201 により生産情報 202 に展開される。生産展開処理 201 では、ルート設計情報 5010 が施工展開処理 301 により施工設計情報（施工図）302 に展開され、施工設計情報 302 が製作展開処理 401 により製作設計情報（製作図）402 に展開される。施工設計情報 302 及び製作設計情報 402 の具体的な生成はそれぞれ、施工設計支援処理 5011 及び製作設計支援処理 5012 により設計者が入力インタフェイスを介して対話的に処理を進めることにより得られる。

【0022】なお、機器配置設計支援処理 507 は（7）項で、ルート設計支援処理 509 は（8）項で、施工設計支援処理 5011 は（10）項で、製作設計支援処理 5012 は（12）項でそれぞれ詳述する。

【0023】以上各設計支援処理で入出力インタフェイス 105 を介して、設計者 106 と計算機 101 との対話処理で詳細化を行うことにより得られた各設計情報は、データベース 107 に格納される。このようにしてデータベース 107 に格納された各設計情報は検索され、必要に応じて各設計支援処理により修正や変更が行われる。

【0024】また、入出力インタフェイス 105 ではディスプレイ画面の座標系と時間的に連続入力できる座標入力装置（マウスやスタイルスペン又は三次元の座標入力装置）の座標系とが 1 対 1 に対応しておりディスプレイ画面上の任意な点の座標値の入力や画面に表示されて

いる形状をピック（指示）することができ、各種対話処理が行えるようになっている。

【0025】以下ではさらに詳細な説明をするが、その前に、幾つかの用語を定義しておく。まず、系統図で系統機器間の接続関係を示す線分を以下では系統ラインとし、配管や空調ダクト、ケーブルトレイなどの三次元的なつながりをルートとして説明する。また、タンクや熱交換器などの系統機器はただの機器として用い、バルブや流量計などルート上に配置される配管機器などは部品として説明する。

【0026】図 6 はこのような設計生産一貫システムをプラント構造物に適用した場合のデータの流れを示したものである。図 6（1）の基本設計に相当する系統設計の段階では系統設計支援処理 501 により系統設計情報 502 を生成する。系統設計情報 502 はプラントを構成する機器 601 及び機器 601 間を接続する配管を一ライン（系統ライン 602）で記述するもので、機器 601 や部品 603 さらに配管も簡略化されており、尺度も実寸法とは関係なく、論理関係を正しく示したものである。機器 601 や部品 603 は一般的にシンボル形状で表わされる。系統設計支援処理 501 では系統設計情報 502 を記述する図面サイズをディスプレイ画面に表示し、機器 601 の配置位置や系統ライン 602 の曲がり点（始点、終点を含む）形状を数値で入力することもできる。または、入出力インタフェイス 105 を介し、機器 601 や部品 603 の配置ではドラッギング表示することにより最適な配置位置を容易に入力できる。

【0027】ドラッギング表示はディスプレイ画面の座標系と座標入力装置の座標系とを 1 対 1 に対応させ、機器 601 や部品 603 の配置位置と座標入力装置の座標系とを 1 対 1 に対応させ、変更状況を実時間で再表示することにより実現できる。また、系統ライン 602 はラバーバンド表示でき、系統ライン 602 の最適形状を容易に入力、確認することができる。ラバーバンド表示はルート 604 をゴムのように伸縮させて表示制御する機能で、系統ライン 602 の曲がり点をも設け、曲がり点と座標入力装置の座標値とを 1 対 1 に対応させ、変更形状を実時間で再表示することにより実現できる。

【0028】また、これと同期して、配置空間（建屋）605 や機器 601 自身の設計も始められ、機器設計支援処理 503 により機器設計情報（機器図）504 である仕様や三次元形状、シンボル形状を生成する。建屋設計支援処理 505 により建屋設計情報（建屋図）506 である建屋の仕様や外形形状、軀体形状、プラント空間での配置位置を生成する。次に、建屋設計情報 506 や機器設計情報 504 から三次元の実空間を対象とした機器配置設計やルート設計が行われる。

【0029】本発明によれば、二次元の系統設計情報 502 を三次元の機器配置設計やルート設計段階で直接利用できるようにするため実空間展開処理 103 を設けて

いる。即ち、図6(1)から図6(2)への実空間展開処理103では機器601やルート604が配置される建屋の大きさを示す建屋設計情報506に基づき、系統設計情報502を実際に機器601の配置やルート604の設計が行われる三次元の配置空間605へ自動展開し、機器601の配置やルート604の情報からなる立体構造物配置情報104である初期設計案606を生成する。図6(3)の機器配置設計では図6(2)の初期設計案606に基づき、機器配置設計支援処理507により、詳細な機器配置設計情報（配置図）508を作成する。この際、機器601が立体表示されていない場合には、機器設計支援処理503で生成した三次元の機器形状に自動変換する。機器601の配置位置の入力は数値入力することもできるが、系統設計情報（系統図）502の場合と同様に、機器601をドラッギング表示することにより最適な配置位置を容易に入力できる。この場合、ルート604は機器601の移動に伴い、ラバーバンド表示することにより、ルート604の長さを考慮した配置設計が可能である。これらの結果は機器配置設計情報（配置図）508としてまとめられる。

【0030】図6(4)のルート設計では図6(3)の機器601の配置設計情報である機器配置設計情報508に基づき、ルート設計支援処理509により、ルート設計情報（ルート図）5010を生成する。機器601の配置情報からルート604の終点、始点は与えられており、三次元の実空間の利用効率を検討しながらルート604の最適経路と部品603の最適配置位置を決める。ルート604の経路や部品の配置位置の入力は数値入力することもできるが、系統ライン602の場合と同様に三次元の実空間の中でラバーバンド表示することにより、最適な経路の入力を容易に行うことができる。また、部品603の配置では、ルート604上で移動、回転ができ、また、ルート604上をドラッギング表示することにより、部品603の最適配置位置を容易に入力できる。これらの結果はルート設計情報5010としてまとめられる。

【0031】さらに、これらの設計情報は施工設計や製作設計に引き渡される。図6(4)のルート設計情報5010は施工展開処理301により、施工単位の切り出しが行われる。切り出された部分は図6(5)のようにルート設計情報5010から画面上で消去（情報は消去されない）され、どの部分が展開されていないが容易に確認できる。施工設計では施工設計支援処理5011を用いて、図6(6)の施工単位に切り出した情報に基づき、ルートの定尺切りを行い、溶接情報や部品情報などを付加する。その結果は施工設計情報（施工図）302としてまとめられ、プラント建設段階で利用される。

【0032】さらに、図6(6)の施工設計情報302は製作展開処理401により、製作単位の切り出しが行われる。切り出された部分は図6(7)のように施工設計

情報302から画面上で消去（情報は消去されない）され、どの部分が展開されていないかが容易に確認できる。図6(8)の製作設計では製作設計支援処理5012を用いて、製作単位に切り出した情報に基づき、溶接部分の形状や加工情報を付加する。その結果は製作設計情報（製作図）402やNCデータとしてまとめられ、工場での製作段階で使用される。

【0033】以上ではそれぞれ個別に説明したが、機器、配管、空調ダクト、ケーブルトレイなど全体を考慮した設計生産活動を支援できる。

【0034】図7はこれらの設計生産活動を一貫して支援するためのデータ管理の方法を示したものである。系統設計情報502は機器601の配置情報と系統ライン602の情報から構成される。これらの情報はデータベース107で管理される。

【0035】図7(1)において機器A6011及び機器B6012はシンボル形状として配置し、機器A B間の接続関係を系統ライン6021で記述する。更に系統ライン6021は図面上の機器Aのノズル点P1を始点とし、機器B6012のノズル点P4まで伸び、点P2で別の系統ライン6022と接続しており、点P3では部品603が配置されている。データベース107においてはこれらの系統設計情報全体をセル構造で記述するものとした。

【0036】図7(2)にセル構造で記述した例を示す。図において、グループセル701(7011, 7012, 7013)は機器A, Bの配置情報と系統ライン6021, 6022の情報を管理するセルであり、機器配置設計支援処理507での機器601の三次元配置情報及びルート設計支援処理509でのルート604情報も管理するものである。グループセル7011は次のグループセル7012へのポインター7021、点セルへのポインター7031、属性セルへのポインター7041、グループ情報7051を管理している。グループ情報7051では管理する対象物体の識別フラグF（系統設計での機器配置情報の記述(F=1)、系統ライン情報の記述(F=2)、機器配置設計段階での機器601の三次元配置情報の記述(F=3)、ルート設計段階でのルート604情報の記述(F=4))とその名称を管理する。例えば、機器601であれば機器名称、系統ライン602であれば系統ライン名称を管理する。後で説明するルート604情報の管理では、グループ情報7051でルート604の断面形状の情報も管理し、ルート604の三次元表示や干渉チェックなどで利用する。

【0037】点セル706(7061～7066)はそれぞれ機器A, Bの配置位置、系統ライン602及びルート604の曲がり点や部品603の配置情報を管理するセルである。また、製作、施工段階での設計情報も管理できる。これについては施工設計支援処理5011、製作設計支援処理5012の項で説明する。点セル70

6では次の点セル706へのポインター707(7071, 7072, …), 接続セルへのポインター708(7081, 7082, …), 点の位置情報709(7091, 7092, …), 配置情報7010(70101, 70102, …)を管理する。例えば、点セル7061では次の点セル7062へのポインター7071, 接続セルへのポインター7081, 点の位置情報7091, 配置情報70101を管理する。位置情報709ではF=1及びF=2の場合には図面上の位置でx, yの二次元座標値、F=3及びF=4の場合には三次元の実空間での位置でx, y, zの三次元座標値を管理する。配置情報7010では配置される機器601や部品603の名称, 姿勢の回転マトリックス, 形状の表示フラグDF(三次元形状表示(DF=2), シンボル形状表示(DF=1))、表示スケールファクター(機器601や部品603を拡大, 縮小表示するためのスケールファクターで通常は1である)、パラメータ情報(機器601や部品603の大きさを変更するためのパラメータ情報)などを管理する。機器601の配置(F=1及びF=3の場合)では点セル706を生成し、位置情報709で機器601の配置位置を管理する。

【0038】機器601が複数個の機器から構成される場合には、機器の数の点セル706を生成し、それぞれの配置位置を位置情報709で、また、それぞれの機器名称を配置情報7010で管理する。この場合には、グループ情報705の機器名称には機器全体を表わす名称を付けることになり、点セル706でのポインターの順序には意味がないものとして取り扱う。配置情報7010での機器601や部品603の名称は機器情報504或いは部品情報(管理は機器情報と同じ)とのキーであり、図10で説明する機器セル1001とをつなぐための名称でもある。機器601(F=1)と系統ライン602(F=2)のつながり及び機器601(F=3)とルート604(F=4)のつながりは接続セル70810の接続情報で、お互いに相手側の名称を管理する。例えば、機器601側では系統ライン602の名称、系統ライン602側では機器601の名称を管理する。機器601とルート604の場合も同様に記述する。系統ライン602(F=2)及びルート604(F=4)の記述では系統ライン602、ルート604を構成する点列について点セル706を生成し、点列を上流から下流側へ連続的にポインター707で関係付けをする。系統ライン602やルート604上に置く部品603は点セル706の配置情報7010で管理し、部品名称、回転マトリックスや表示スケールファクター、パラメータ情報などを管理する。系統ライン602又はルート604間の接続関係は接続セル7011で記述する。接続セル7011では相手側の系統ライン名称又はルート名称を接続情報で管理する。また、機器601、系統ライン602、ルート604の仕様は属性セル71400(70410, 7

0420, 70430)の属性情報で管理する。

【0039】以上のように系統設計情報502、機器配置設計情報508、ルート設計情報5010を同一のデータ構造で管理し、各設計段階では上流側の設計情報をベースにさらに詳細化でき、上流から下流までの設計生産活動を一貫して支援することができる。

【0040】以下ではこれらの情報生成や展開を行う、各設計生産段階での支援処理について詳細に説明する。

【0041】(3) 系統設計支援処理

系統設計支援処理501は系統設計情報(系統図)502を生成する処理である。系統設計支援処理501では、先ず系統図502の図面サイズの設定を行い、入出力インターフェイス105を介し、ディスプレイ画面に表示する。次に、予め作成してある機器601(シンボル形状や三次元形状の作成方法は後の機器設計支援処理503で説明)を図面内に配置する。座標入力装置は入出力インターフェイス105を介し、ディスプレイ画面に対応しており、機器601の配置位置を時間的に連続した座標値として入力できる。配置位置の変更に伴い、機器601を再表示することによりドラッギング表示でき、最適な位置を簡単に決定することができる。配置した機器601の情報は上述のようにグループセル701で管理する。グループセル701のグループ情報705では機器601の識別フラグ(F=1)及び機器601の名称を管理する。機器601の配置情報は点セル706で記述し、位置情報709で機器601の配置位置、配置情報7010で機器名称及び姿勢を示す回転マトリックス(二次元の回転マトリックス)を管理する。機器601の回転でも同様にドラッギング表示する。機器601の配置位置と座標入力装置からの座標点とを結ぶ線分と画面の水平線とのなす角度より回転量を求め、機器601を再表示することによりドラッギング表示でき、機器601の最適な姿勢を容易に決められる。また、角度格子(機器601の配置位置を中心とし、決められた角度毎の放射状格子)を利用することにより、決められた角度や垂直、水平方向への姿勢変更が容易にできる。回転量は上記、回転マトリックスで管理する。

【0042】次に、系統ライン602の生成を行う。系統ライン602の生成は系統ライン名称を入力することにより、グループセル701を生成し、図面上で系統ライン602の曲がり点(始点、終点も含む)の座標値を入力することにより、曲がり点に対応した点セル706を生成する。始点、終点として機器601のノズル点を指示する方法でも良く、この場合には機器601側の接続セル7011の接続情報に系統ライン名称がセットされ、さらに、系統ライン602側の始点、終点の点セル706の下の接続セル7011で相手側の機器601の名称を管理する。このように生成された系統ライン602はラバーバンドとして表示する。整形が必要な系統ライン602に対しては系統ライン602上を座標入力装

置で曲がり点を生成する点をピック（指示）し、曲がり点を生成し、これを移動することにより系統ライン602を整形する。曲がり点入力では機器601の配置と同様に、時間的に連続して座標入力でき（ドラッギング）、曲がり点の移動に伴い、系統ライン602を構成する線分を再表示することにより、ラバーバンド表示でき、最適な系統ライン602の形状を容易に生成できる。新たな曲がり点の生成では点セル706を生成し、系統ライン602を記述する点列に追加する。

【0043】次に、このようにして生成された系統ライン602上に部品603を配置する処理を示す。この処理では、機器601の配置の場合と同様に、部品603の配置を系統ライン602上に制限し、系統ライン602上をドラッギング表示でき、最適な配置位置を容易に決定できる。部品603の配置を系統ライン602上にのみに制限する方法は、時間的に連続して入力する座標値から系統ライン602を構成する線分への垂線の足で、最短なものを求めることにより、系統ライン602上の配置位置を決定するものである。配置位置が決まると、部品603の配置に対する点セル706を生成し、系統ライン602の点列に追加する。点セル706の配置情報7010では部品名称と部品の姿勢を示す回転マトリックスを管理する。部品603の配置の姿勢は系統ライン602により固定される要素と、任意に回転できる要素がある。例えば、バルブでハンドル方向の明示が必要な部品はその指示が必要であり、系統ライン602を軸として回転でき、この回転量を回転マトリックスで管理する。また、部品603の配置では、配置位置を図面上の座標値で管理するモード（固定位置モード）と曲がり点（始点、終点を含む）からの相対的位置、即ち、部品603の配置位置を前後の曲がり点間の距離の比で管理するモード（相対位置モード）の選択ができる。固定位置モードでは部品603の配置位置を図面上の任意に移動、回転できる。この時、系統ライン602はラバーバンド表示されているので、部品603の移動に伴い伸び縮みする。相対位置モードの場合には、部品603が配置されている前後の曲がり点からの距離の比から配置位置を計算するもので、固定した配置位置を管理しない。このような管理の方法にすると、系統ライン602の曲がり点の変更や削除に伴い、部品603も一緒に移動させることができる。即ち、系統ライン602のラバーバンド表示に伴い、部品603もラバーバンド上と一緒に移動する。

【0044】次に、系統ライン602同士の接続関係を設定する。この処理では接続する系統ライン602を指示し（系統ライン名称又は座標入力装置でピックし指示する）、接続先の系統ライン602のラバーバンド上の1点を座標入力装置でピックし、その点の位置情報から点セル7-6を生成し、系統ライン602の点列に追加すると共に、接続セル70800を生成し、接続情報で

相手側の系統ライン602の名称を管理する。その他の方法として、新たな系統ライン602を生成する場合に、始点又は終点を接続先の系統ライン602上に指示することにより、接続点の点セル706、接続セル70800を生成し、接続情報を自動設定することもできる。

【0045】また、接続点は部品603の配置の場合と同様に、固定位置モードと相対位置モードの選択ができる。また、系統ライン602をラバーバンド表示した状態で、機器601を移動、回転させることができる。機器601の移動や回転に伴い、機器601をドラッギング表示すると同時に、系統ライン602もラバーバンド表示することにより、系統ライン602の形状の変化を確認しながら、機器601の配置位置の変更ができる。変更情報は機器601の配置に対応した点セル706の位置情報7-9を更新することにより実現できる。以上の処理では、ラバーバンドを表示や非表示にするモードの選択や、ラバーバンド上の部品603を表示や非表示にするモードの選択ができ、一時的に非表示にし、機器601の配置や系統ライン602の検討が行え、操作の高速化が図れる。以上が系統設計支援処理501の内容であるが、処理の順序には制約はなく、任意の順序で系統設計支援が行える。

【0046】(4) 機器設計支援処理

機器設計支援処理503は基本的には汎用性のある形状処理であり、機器601だけでなく、部品603、建屋躯体などプラント構造物全体の形状を取り扱える。また、系統図502での機器601、部品603のシンボル形状も定義できる。プラント構造物の形状は図8(1)に示す基本图形801の組合せによって定義する。基本图形801は点要素、線分要素、面要素、立体要素に大別できる。点要素としては点801a、線分要素としては直線分801b、円・椭円（弧）801c、曲線801d、面要素としては長方形801e、多角形801f、円・椭円801g、立体要素としては直方体801h、円柱801i、円錐（台）801j、球801k、トーラス801m、二次元形状をベースとした柱体801n、錐体801o、回転体801pを記述できる。機器601、部品603は基本图形801の組合せで記述する。基本图形801の組合せでは図8(2)のように集合演算モード802を定義できるようにした。集合演算モード802では基本图形801間の和、差、積が定義できる。また、基本图形801をただ配置するだけのモードや干渉チェックモードも定義できる。図8(3)のように干渉チェック用の形状803は保守スペースのように実態のない空間や形状を記述するものであり、干渉チェックの場合のみに参照される。また、系統設計やルート設計では機器601や部品603をシンボル形状901として表現する場合が多く、9図(1)のようにバルブ901a、ティー901b、クロス901c、レデューサ901d、エルボ901eなど良く使われるシン

ボル形状901はあらかじめ機器601、部品603として登録しておく。また、建屋躯体などの入力が容易にできるように工夫した。9図(2)はこれを示したものであり、断面形状(二次元)902と高さを与えるだけで三次元形状903の入力が行え、これを基本图形801に分解することにより、基本图形801の組合せとして管理できる。

【0047】図10は機器設計情報504の管理の方法を示したものである。機器セル1001では機器601や部品603、建屋躯体の管理ができ、管理物体の名称や識別フラグF(機器601の記述(F=5)、部品603の記述(F=6)、建屋躯体の記述(F=7)、建屋外形形状の記述(F=8))を機器情報1005として管理する。管理物体の名称は図7の配置情報7010や後で説明する図面情報1805とをつなぐためのキーでもある。また、機器セル1001では次の機器セル1001へのポインター1002、图形セル1006へのポインター1003、属性セル70400へのポインター704を管理する。图形セル1006は機器形状のグループを管理するもので、次の图形セル1006へのポインター10-7、形状セル100800へのポインター1008、基準点セル10014へのポインター1009、图形情報10010を管理する。图形情報10010では作成した形状が三次元形状(KF=2)かシンボル形状(KF=1)かの識別フラグKFを管理する。系統設計支援処理501で生成する系統設計情報(系統図)502では機器601や部品603を二次元のシンボル形状901として利用する。

【0048】一方、機器配置設計支援処理507やルート設計支援処理509では機器601や部品603を三次元形状として取り扱うため、機器設計支援処理503では両方の形状の記述ができるものとし、形状の識別フラグKFを設けた。これにより、機器形状としてシンボル形状と三次元形状を同一のセル構造として管理でき、実空間展開処理103では系統設計支援処理501で生成した系統設計情報(系統図)502でのシンボル形状から三次元形状に簡単に変換して表示することが可能となる。形状セル100800では次の形状セル100800へのポインター10012、形状情報10013を管理する。形状情報10013では機器を構成する基本图形801の形状パラメータや前述した集合演算モード802及び機器座標系1103に対する基本图形801の位置や回転マトリックスを管理する。また、機器601では系統ライン602やルート604の始点、終点であるノズル点を管理が必要である。そこで、これを記述するために基準点セル10014を設けた。基準点セル10014は次の基準点セル10014へのポインター10015と基準点の座標値(機器座標系1103の下での)を管理する基準点情報10016で構成するものとした。

【0049】また、部品603には類似形状が多く、系統ライン602やルート604のサイズ(太さ)や部品603の面間寸法をパラメータとして類似部品を簡単に表現できるようにした。これらの形状の変更パラメータは点セル706の下の配置情報7010でパラメータ情報として管理する。バルブを例としてパラメータ処理を説明する。基本的なシンボル形状901として面間寸法と面間方向に垂直な方向の寸法がそれぞれ1(基本寸法)であるような形状を予め作成しておき、これを面間方向とこれに直交する方法(配管の径方向)に引き延ばすことで実現できる。面間寸法と配管の太さによってシンボル形状が決定できる。配管の太さRはグループセル701のグループ情報705の断面形状の寸法から検索できる。面間寸法Bはバルブを配置する時に入力する。これから基本的なシンボル形状901を面間方向にB、径方向にRだけ拡大することになる。基本的なシンボル形状901は图形セル1006で管理し、拡大パラメータR、Bを配置情報7010でパラメータ情報として管理する。また、機器601、部品603、建屋躯体、建屋外形形状の仕様は属性セル7012の属性情報で管理する。

【0050】(5) 建屋設計支援処理

建屋設計支援処理505はプラント内に配置される建屋の設計を支援する処理であり、建屋の外形形状、建屋配置、建屋躯体の設計支援に分けられる。建屋の外形形状、建屋躯体の設計支援は機器設計支援処理503と同様の処理であり、基本图形要素801の集合体として記述する。図11(1)は建屋情報の関係を示したもので、プラント座標系1101の下に建屋座標系1102があり、建屋座標系1102の下に機器座標系1103が決められる。建屋1104は複数の通り番1105が記述できる。通り番1105は機器配置やルート設計の基準線として利用する。また、建屋1104は通り番1105に沿って複数のセクション1106に分割する。これにより、機器配置やルート設計はセクション1106単位に行える。

【0051】図11(2)はこれらの関係をセル構造で記述したものである。建屋セル1107は次の建屋セル1107へのポインター1108、通り番セル11012へのポインター1109、セクションセル11015へのポインター11010、属性セル7012へのポインター704、建屋情報110800を管理する。建屋情報110800ではプラント名称、建屋のプラント座標系に対する設置位置、回転マトリックスを管理する。通り番セル11012では次の通り番セル11012へのポインター11013と通り番情報(通り番の座標値)11014を管理する。また、セクションセル11015では次のセクションセル11015へのポインター11016とセクション情報(セクションの大きさ)11017を管理する。建屋の仕様は属性セル7012の属性情報

で管理する。また、建屋形状がない空間も一つの仮想的な建屋として管理する。

【0052】図11(3)はこれを示したもので、プラント空間11018内に建屋1104が配置されており、建屋がない空間11019も一つの仮想的な建屋として記述するものとした。これにより建屋のない空間も効率良く管理でき、機器配置やルートの布設の対象空間として利用できる。

【0053】(6) 実空間展開処理

実空間展開処理103は系統設計支援処理501で作成した系統設計情報502を配置設計支援処理507、ルート設計支援処理509の入力情報として利用するため、図6(2)にあるように二次元の論理的接続情報を機器配置設計や配管ルート設計の対象となる配置空間605に自動的に展開する処理である。図12は系統設計情報502の実空間展開処理103の基本構成を示したものであり、系統設計情報検索1201、系統設計情報表示1202、配置空間設定1203、配置空間情報検索1204、系統設計情報記述範囲算出1205、配置空間サイズ算出1206、写像関数算出1207、機器配置設計情報展開1208、ルート設計情報展開1209、実空間展開範囲表示変更12010から構成される。

【0054】系統設計情報検索1201では系統設計支援処理501で生成した系統設計情報(系統図)502をメモリー内のデータベース107より検索する。系統設計情報表示1202では系統設計情報502を検索した結果をディスプレイ画面の一つのウインドに表示する。配置空間設定1203では系統設計情報502を実際に機器601やルート604として配置する空間である建屋名称を設定する。配置空間情報検索1204では設定した建屋名称より建屋設計情報506をメモリー内のデータベース107より検索する。系統設計情報記述範囲算出1205は系統設計情報(系統図)502から系統ライン602が記述されている二次元領域($\min_x \leq x \leq \max_x, \min_y \leq y \leq \max_y$)を算出する処理である。配置空間サイズ算出1206は系統ライン602が実際のルート604として設計される空間、すなわち、建屋1104の空間の範囲($\min_X \leq X \leq \max_X, \min_Y \leq Y \leq \max_Y, \min_Z \leq Z \leq \max_Z$)を算出する処理である。写像関数算出1207は系統設計情報記述範囲算出1205で算出した二次元領域と、配置空間サイズ算出1206より求められた三次元空間の範囲とを一致させる処理である。系統ライン602の二次元領域の点座標

(x, y) を三次元空間の点座標 (X, Y, Z) に変換する写像関数を

$$X = X_0 + a * (x - x_0)$$

$$Y = Y_0 + b * (y - y_0)$$

$$Z = \max_Z$$

とした。ただし、

$$\begin{aligned} x_0 &= (\min_x + \max_x) / 2 \\ y_0 &= (\min_y + \max_y) / 2 \\ X_0 &= (\min_X + \max_X) / 2 \\ Y_0 &= (\min_Y + \max_Y) / 2 \\ a &= (\max_X - \min_X) / (\max_x - \min_x) \\ b &= (\max_Y - \min_Y) / (\max_y - \min_y) \end{aligned}$$

である。これはあくまでも一つの実施例であり、 Z の値は $\min_Z \leq Z \leq \max_Z$ の範囲であればよい。また、拡大係数 a, b は実空間をはみ出さない範囲であればよい。系統設計情報が複雑であり、系統ライン602が混み合っている場合には、独立な系統ライン602単位(つながりのない系統ラインのまとまり)に階層(Z 方向の値を変え)表示することにより、混雑度を解消できる。機器配置設計情報展開1208は系統設計支援処理501で生成した機器601の配置情報を機器601が実際に配置される実空間に自動展開し、これを機器配置の初期設計案とする処理である。系統設計支援処理501で生成した機器601の配置情報はグループセル701でグループ情報705の識別フラグが $F = 1$ であるから、これを検索し、グループセル701以下のセル構造をコピーし、同一のものを生成する。コピーした側のグループセル701のグループ情報705の識別フラグを $F = 3$ に変え、実空間での機器601の配置に変更する。また、点セル706の位置情報709に写像関数を作用し、実空間での配置位置に写像変換した座標値に変更する。さらに、点セル706の配置情報7010の機器601の姿勢を管理する回転マトリックスも二次元から三次元に変換する。たとえば、二次元の回転マトリックスの成分が

$$(a_{11}, a_{12})$$

$$(a_{21}, a_{22})$$

である場合には、三次元の回転マトリックスの成分として

$$(a_{11}, a_{12}, 0)$$

$$(a_{21}, a_{22}, 0)$$

$$(0, 0, 1)$$

に変換する。また、機器601の三次元形状がこの段階で記述されていれば、機器601の表示を三次元形状に自動変換できる。これは機器設計支援処理503で説明したように、機器セル1001ではシンボル形状と三次元形状が別々に記述でき、どちらかを表示するかは点セル706の配置情報7010の表示フラグDFにより制御できるから、DF = 2に変更すればよい。

【0055】ルート設計情報展開1209は系統設計支援処理501で生成した系統ライン602の情報を系統ライン602が実際にルート604として布設される実空間に自動展開し、これをルート設計の初期設計案とす

る処理である。系統設計支援処理501で生成した系統ライン602の情報はグループセル701でグループ情報705の識別フラグがF=2であるから、これを検索し、グループセル701以下のセル構造をコピーし、同一のものを生成する。コピーした側のグループセル701のグループ情報705の識別フラグをF=4に変え、実空間でのルート604の情報を変更する。また、機器601の場合と同様に、点セル706の位置情報709に写像関数を作用し、実空間に写像変換した座標値に変更する。さらに、点セル706の配置情報7010で管理している部品603の姿勢を表わす回転マトリックスも二次元から三次元に変換する。変換の方法は機器601の場合と同様である。グループセル701のグループ情報705では識別フラグがF=4の場合にはルート604の断面形状を設定することが必要であり、配管の場合には系統設計支援の段階で、配管の口径は系統ライン602の仕様として決められているので、属性セル7012の属性情報から検索し、自動的に設定する。

【0056】また、この段階で部品603の三次元形状が生成されていれば、シンボル形状から三次元形状に自動変換することができる。これも機器601の場合と同様に、点セル706の配置情報7010の表示フラグをDF=2に変更すればよい。また、ルート上に配置される部品603について、ルート604のサイズや面間寸法を点セル706の配置情報7010にパラメータ情報として管理でき、部品603の大きさを自動的に決定し、実際の三次元形状として表示できる。この処理の方法は機器設計支援処理503で説明した二次元のパラメータ処理と全く同様であるが、三次元の場合にはさらにパラメータが増える。バルブの例であれば、バルブのハンドル方向の寸法の設定も必要となる。これらの設定や変更はルート設計支援処理509で行う。また、部品603を実際の大きさで表現すると部品603同士が干渉するケースも考えられる。このような場合には、点セル706の配置情報7010の表示スケールで調整する。通常は表示スケールは1であるが、ルート604上の部品603の配置位置及び面間寸法より、部品603同士の干渉やルート604の曲がり点を超えるか否かをチェックする。部品603同士の干渉の場合には、干渉しないような面間寸法になるように、お互いの部品603の表示スケールを設定する。また、部品とルート604の曲がり点が干渉する（曲がり点を超えて表示される）場合には、曲がり点を超えない面間寸法になるように部品603の表示スケールを設定する。表示スケールが1とそうでない部品603の表示の色や線分を変えることにより識別が容易となる。逆に、表示スケールを1に戻す機能もあり、実際の状態を容易に確認でき、干渉などの配置ミスを防止できる。実空間展開範囲表示変更12010は系統設計情報502から機器配置設計支援処理507、ルート設計支援処理509の入力情報として展開し

た部分を系統設計情報（系統図）502から消去又は表示の色や線種を変更する処理である。これにより、どの部分が系統設計情報502から展開されたかが分かる。このような実空間展開処理103を設けることにより、次元の異なる設計情報を一元的に取扱え、設計の上流から下流への情報伝達を容易に、かつ、スムーズにし、設計生産情報伝達段階での抜けやミスが防止でき、信頼性の高い設計生産活動を支援することができる。

【0057】(7) 機器配置設計支援処理

機器配置設計支援処理507は実空間展開処理103により図6(2)のように機器配置の初期設計案をベースとし、三次元の実空間の利用効率など具体的な検討を進め、図6(3)のように機器設計支援処理503で生成した機器601を実空間内に配置する処理である。系統設計情報（系統図）502では機器601をシンボル形状901で表現していたが、図6(2)のように、この段階では機器601を三次元形状に自動変換できる。これは前述の表示フラグをDF=2に変更することにより実現できる。部品603も同様に三次元形状に自動変換できる。この状態から複数の図面（平面図や正面図などの図象）を入出力インターフェイス105を介し、ディスプレイ画面に表示し、複数の図面を利用して機器601の配置状況を確認しながら機器601の位置、姿勢を決める。この処理では、系統設計支援処理501での機器601の配置と同様に、各図面の座標系と座標入力装置の座標系は1対1に対応しており、図面上の任意な座標値を時間的に連続して入力でき（ドラッグ）、機器601の移動や回転に伴い、機器601の三次元形状を再表示することにより機器601の位置、姿勢を容易に決めることができる。三次元の座標入力装置の場合には、三次元の座標値と姿勢を示す二つの方向の情報を直接入力でき、機器601の配置位置や姿勢を容易に決めることができる。

【0058】三次元の座標入力装置からの姿勢を示す二つの方向をそれぞれ機器座標系1103のZ軸とX軸に対応させることにより、機器601の姿勢を容易に決めることができる。また、二次元の座標入力装置の場合には、入力した座標値を三次元の座標値にしなければならない。機器601の移動であれば、配置する空間の中心点又は機器601の現状の配置位置を通り、画面（図面）に平行な平面と、入力された二次元の点を通り、画面（図面）に垂直な直線との交点を三次元の座標値として利用する。機器601の回転では機器601の配置位置と三次元の座標値とを結ぶ線分と画面の水平線とのなす角度から回転量を算出する。また、角度格子（機器座標系1103の各座標軸を回転軸とし、決められた角度毎の放射状格子）を利用することにより、決められた角度や垂直、水平方向への姿勢変更が容易にできる。

【0059】また、機器601と機器601との接続関係であるルート604の形状をラバーバンド表示する処

理を設けることにより、機器601と機器601を接続するルート604の長さを考慮した配置が行える。ルート604の形状をラバーバンド表示する処理では機器601の移動、回転に伴い変更されるルート604の形状のみを再表示することにより実現できる。この処理ではルート604の曲がり点をキャンセルするモードの選択が可能で、始点の機器601から終点の機器601までを直線分で表示できる。機器601の移動に伴い、ラバーバンドも伸びたり、縮んだり変化し、また、ルート604上にある部品603もラバーバンドによるルート変化に伴い一緒に移動する。これは系統設計支援処理501でも説明したように、相対位置モードの部品603のみが移動可能である。また、ラバーバンドの表示や非表示するモードの選択、さらにラバーバンド上の部品603を表示や非表示するモードが選択でき、一時的に非表示の状態で、機器601の配置検討を行え、処理の高速化が図れる。また、必要な時点での必要な部分について干渉チェックを行い、最適なレイアウト設計を行うことができる。さらに、寸法や注記、コメントなどの情報を設定し、機器配置設計情報(機器配置図)508を作成することができる。

【0060】(8) ルート設計支援処理

ルート設計支援処理509は図6(3)を図6(4)にルート604の形状を詳細化する処理である。ルート設計支援処理509では実空間展開処理103により実空間に展開された図6(3)のようなルート604の初期設計案をベースに、空間の利用効率を検討しながら、ルート604の形状、すなわち、ルート604の曲がり点(始点、終点を含む)、部品603の配置位置、別ルート604の分岐点を決める。図6(3)、(4)では部品603をシンボル形状で表現しているが、機器601の場合と同様に三次元形状として表示できる。ただし、シンボル形状として表示する方が処理が早く効率的である。ルート604の記述は図7の系統ライン602の記述と同様であるが、始点、終点、曲がり点の座標値が三次元であることが異なる。ルート604の形状は点列情報から図13(1)、(2)に示すように基本图形801の線分要素で表現するモードとルート604の断面形状から三次元の立体要素に自動変換して表示するモードの選択ができる。

【0061】線分要素の表現では一本のラバーバンドとして表示する処理を設けることにより、これを座標入力装置でピックし、引っ張ったり、縮めたりしてルート604の形状を変更する。この処理は系統設計支援処理501での系統ライン6-2の処理と基本的に同じであるが、ルート604の場合には三次元の座標値となり、処理も若干、複雑となる。ルート604の形状変更は基本的に複数の図面を利用すると便利である。入出力インターフェイス1-5を介し、ディスプレイ画面上の図面の座標系と座標入力装置の座標系は1対1に対応してお

り、図面上の任意な点の座標値を時間的に連続に取り込むことができる(ドラッグ処理)。図面に表示してあるルート604の形状をピックし、曲がり点の移動や新たな曲がり点を生成し、ルート604の形状を変更する。曲がり点の移動に伴い、ルート604の形状を再表示することにより、ラバーバンド表示ができる。三次元の入力装置であれば、直接入力された座標値を利用でき、どの図面を利用して三次元座標値を直接入力でき、曲がり点の任意の三次元位置を指示することができる。二次元の座標入力装置の場合には、ルート604を布設する空間の中心点又は変更対象の曲がり点を通り、画面(図面)に平行な平面と、入力された二次元の点を通り、画面(図面)に垂直な直線との交点を三次元の座標値として利用する。図面の垂直方向への変更は別な垂直方向を表示している図面を利用する事になる。この処理ではルート604上に配置してある相対位置モードの部品603はラバーバンドの伸び縮みに従い、移動する。さらに、これらの処理ではラバーバンド上の部品を表示や非表示するモードを設け、部品を一時非表示の状態にし、ルート604の形状変更ができ、操作の高速化を図ることができる。

【0062】ルート604上に配置する部品603や配置の順序は基本的には初期設計案606(系統設計情報502)で決められており、ルート604上で対象となる部品603をピックし、動かしたい位置まで座標入力装置で指示することで、時間的に連続して部品603の形状を再表示でき(ドラッグ処理)、部品603の最適な配置位置を容易に決めることができる。二次元の座標入力装置の場合には、部品603の配置位置を通り、画面(図面)に平行な平面と、入力された二次元の点を通り、画面(図面)に垂直な直線との交点を三次元の座標値として利用する。部品603の配置位置はルート604上に制限するため、入力された座標値からルート604を構成する線分への垂線の足を求め、垂線の長さが最短な足を配置位置とする。また、部品603の配置では、距離を正確に指示できるように、曲がり点から指定された距離に点を生成し、この点に部品603を配置する処理を設けた。姿勢も同様に、姿勢が良くわかる図面(投影図象)を利用し、部品603の配置位置と入力された座標値とを結ぶ線分と画面の水平線とのなす角度から回転量を求め、部品603を再表示することにより、部品603の最適な姿勢を容易に決められる。また、角度格子(ルート604に垂直で、部品603の配置位置を中心とし、決められた角度毎の放射状格子)を利用する事により、決められた角度や垂直、水平方向への姿勢変更が容易にできる。さらに、ルート604上の部品603の配列順序の変更や削除、さらには新規な部品603の挿入を禁止するモードと許可するモードを設け、モードを切り換えるながらルート604上の部品603の配置計画の検討ができる。

【0063】部品603の配列順序の変更や削除、挿入を禁止するモードは系統設計段階での部品603の配列を厳守するものであり、ルート604の設計段階での変更はできない。変更する場合には、系統設計段階に戻り、系統設計情報を変更することが必要となる。面倒な処理が必要となるが、データの一貫性を保持するためににはこのようなモードが必要不可欠である。しかしながら、厳密性が要求されない利用方法も考えられ、ルート604の設計段階で変更できるように変更許可モードの選択もできるようにした。また、ルート604の曲げ半径を設定することにより、曲がり点の丸み付けを自動生成することもできる。以上のようにして設計されたルート604の形状は図13(1), (2)のように線分要素及び立体要素として表現できる。ルート604の立体要素表現ではルート604の線分要素とグループセル701のグループ情報7-5の断面形状から自動的に図13(2)のように基本图形801に展開し、立体表示することができる。このような方法によりルート604の形状を基本图形801で管理する必要がなく、データのコンパクト化が図れる。また、必要な時点での必要な部分について干渉チェックを行い、最適なレイアウト設計を行うことができる。さらに、寸法や注記、コメントなどの情報を設定し、ルート設計図を作成することができる。また、配管や空調ダクト、ケーブルトレイを統合したコンポジット図も作成することができる。

【0064】(9) 施工展開処理

施工展開処理301は図6(5)のように、ルート設計支援処理509により生成されたルート設計情報5010から施工する範囲を指定して、施工設計情報(施工図)302の初期状態を自動生成する処理である。施工展開処理301は図14に示すように、ルート設計情報検索1401、ルート設計情報表示1402、施工展開範囲設定1403、施工設計情報(施工図)生成1404、施工展開範囲表示変更14-5より構成される。ルート設計情報検索1401では施工展開の対象となるルート設計情報5010をメモリー内のデータベース1-7より検索する。ルート設計情報表示1402では検索したルート設計情報5010を入出力インターフェイス1-5を介して、ディスプレイ画面に表示する。施工展開範囲設定1403ではルート設計情報5010から施工展開する範囲を指定する。ルート設計情報5010から施工展開する範囲を指定するには、空間の大きさまたはルート604上の範囲を指定する方法がある。空間の大きさで指定する方法は複数の図面を利用して、各図面で矩形領域を指定し、各矩形領域に共通して含まれるルート情報を検索するものである。ルート604上の範囲を指定する方法はルート604上の2点をピックして施工展開する範囲を指定するものである。

【0065】施工展開される範囲についてはルート604を記述する点セル709の配置情報7010で施工図

名称を管理し、どの部分がどの施工設計情報(施工図)302に展開されたかを管理する。施工図名称は施工展開された順番に自動採番され、施工設計情報(施工図)302の名称としても利用する。施工設計情報(施工図)生成1404では展開した範囲を図15に示すように、施工設計情報(施工図)302に自動展開する。施工範囲は自動的にアイソメトリック(等角写像)な投影データ1501に変換し、図面として表示できる。施工展開範囲表示変更14-5ではルート設計情報5010から施工展開した部分の表示を変更するものである。図6(5)では施工展開するルート604の範囲が指示され、指示された範囲がルート604の設計の画面から消える状態を示しており、どの範囲が施工展開されたかが良く分かり、施工手配の重複や未手配ミスなどを防止でき、信頼性の高い設計支援が図れる。図6(5)の例では展開したルート604の範囲を消去する方法を探っているが、色や線分の種類を変えることでも良い。これはルート604のグループセル701の下の点セル7-6での部分がどの施工設計情報(施工図)302に展開されたかを管理しており、その部分を非表示にしたり、色や線分の種類を変更して表示することは容易に実現できる。

【0066】(10) 施工設計支援処理

施工設計支援処理5011は施工展開処理301により生成された施工範囲に対して施工情報を付加し、図6(6)の施工設計情報(施工図)302を生成する処理である。切り出された施工範囲に対して、定尺切りを行い、溶接点などを設定し、工場で製作可能な単位に部品化し、各個別な部品603に一貫番号を採番する。この段階では部品603の範囲を拡張し、工場で製作されるルートの構成物体も部品603として取り扱う。溶接点はさらに現地溶接や工場溶接に分けられる。また、必要であれば投影データ1501の中で、極端に小さいものや大きいものを拡大又は縮小し、見やすくなるように自動スケーリングすることもできる。自動スケーリングは施工展開されたルート604の表示線分の長さを求める、表示比率が予め指定してある標準比率(図面サイズに対する)より小さい又は大きい場合は、その表示線分を標準比率になるように拡大又は縮小する。拡大又は縮小率はルート604のグループセル701の下の点セル7-6の配置情報7010で管理する。また、手配する部品603の仕様をまとめ部品表1502として作成し、図面に配置する。部品表1502には部品番号、部品名称、材質、部品寸法、員数、備考を記入する。部品番号は上記一貫番号であり、部品名称は機器セル1001の機器情報1005から取り出せる。また、部品603の材質は部品仕様として記述されており、機器セル1001の下の属性セル7012から取り出せる。部品寸法は形状セル1001の形状情報10013の形状パラメータから取り出せる。員数は同一施工図内での同一部品の数をカウントすれば求めることができ部品表1502

を自動生成できる。また、必要があれば備考欄に対話処理で注記する。さらに、寸法1503や部品番号1504、図面名称1505を記入し施工設計情報（施工図）302を生成する。

【0067】(11) 製作展開処理

製作展開処理401は図6(7)のように、施工設計情報から工場で製作する範囲を指定して、製作設計情報（製作図）402の初期状態を自動生成する処理である。製作展開処理401は図16に示すように、施工設計情報検索1601、施工設計情報表示1602、製作展開範囲設定1603、製作設計情報（製作図）生成1604、製作展開範囲表示変更1605より構成される。施工設計情報検索1601では製作展開の対象となる施工設計情報302をメモリー内のデータベース107より検索する。施工設計情報表示1602では検索した施工設計情報302を入出力インターフェイス105を介して、ディスプレイ画面に表示する。製作展開範囲設定1603では施工設計情報302から製作展開する範囲を指定する。製作展開する範囲（部品）はルート604上の範囲を座標入力装置で指示する。製作展開される範囲についてはルート604を記述するグループセル701の下の点セル7-6の配置情報7010で製作図名称を管理し、どの部分がどの製作設計情報（製作図）402に展開されたかを管理する。製作図名称は製作展開された順番に自動採番し、製作設計情報（製作図）402の名称としても利用する。製作設計情報（製作図）生成1604では展開した範囲を図17に示すように、製作設計情報（製作図）402に自動展開する。製作範囲は自動的に正面図、平面図、側面図などの投影データ1501に変換し、図面として表示できる。

【0068】製作展開範囲表示変更1605では施工設計情報302から製作展開した部分の表示を変更するものである。図6(7)は製作展開する部品603が指示され、指示された部品603が施工設計情報（施工図）302から消える状態を示しており、どの部品603が製作展開されたかが良く分かり、製作手配の重複や未手配ミスなどを防止でき、信頼性の高い設計支援が図れる。図6(7)の例では展開した部品603を消去する方法を探っているが、色や線分の種類を変えることでも良い。これはルート604を記述するグループセル701の下の点セル7-6でどの部分がどの製作設計情報（製作図）402に展開されたかを管理しており、その部分を非表示にしたり、色や線分の種類を変更して表示することは容易に実現できる。

【0069】(12) 製作設計支援処理

製作設計支援処理5012は製作展開処理401により生成された製作範囲に対して製作情報を付加し、図6(8)の製作設計情報（製作図）402を作成する処理である。切り出された製作範囲に対して、溶接部分などの加工情報を付加する。溶接方法には突合せ溶接や差し

込み溶接などのタイプがある。これらの溶接部分の形状は予め複数のパターン1701として登録しておき、溶接コードによりパターン1701を選択して図面に表示する。パターン1701の生成方法は機器601や部品603の生成方法と同様であり、基本図形801の集合体として記述する。また、ルート604の断面形状の大きさをパラメータとして設定でき、実際のルート604の形状に合ったパターン1701を表示できる。また、加工のためのNC情報も配管の口径を入力するだけで、同時に生成することができる。これは予め配管のサイズを入力するNC情報を生成するプログラムを作成しておくことにより実現できる。また、必要であれば投影データ1501の中で、極端に小さいものや大きいものを拡大又は縮小し、見やすくなるように自動スケーリングすることもできる。自動スケーリングの方法は施工設計支援処理5011で説明した方法と同じである。さらに、寸法1503や注記1702、図面名称1505を記入し、製作設計情報（製作図）402を作成する。

【0070】(13) 図面情報の管理

図18は上記で説明してきた各種図面情報の管理方法を示したものである。図面情報は各設計段階での作成される。系統設計段階では系統設計情報（系統図）502、機器設計段階では機器設計情報（機器図）504を作成する。また、建屋設計段階では建屋設計情報（建屋図である建屋配置図、建屋外形図、建屋軸体図）5-6、機器配置設計段階では機器配置設計情報（機器配置図）508、ルート設計段階ではルート設計情報（ルート図である配管図、空調ダクト図、ケーブルトレイ図など）5010、さらに、これらをまとめたコンポジット図を作成する。また、施工設計段階では施工設計情報（施工図）302、製作設計段階では製作設計情報（製作図）402を作成する。基本情報はすべて配置物体情報とその配置情報であり、これを図面上に投影し、寸法や注記を加え図面を作成する。これらの図面情報もセル構造で記述する。図面セル1801では次の図面セル1801へのポインター1802、図象セル1807へのポインター1803、投影図象セル18015へのポインター1804、属性セル7012へのポインター704、図面情報1805を管理する。図面情報1805では図面名称1505を管理する。図象セル1806では次の図象セル1806へのポインター18017、図象图形セル18010のポインター1808、図象情報1809を管理する。図象情報1809では図面上での図象の表示位置情報を管理する。図象图形セル18010は寸法1503や部品番号1504、注記1702を記述するもので、次の図象图形セル18010へのポインター1801、形状セル10012へのポインター1009、文字セル18014へのポインター18012、図象图形情報18013を管理する。図象图形情報18013では寸法1503、部品番号1504、注記1702を識別する

フラグを管理する。形状セル10012では寸法1503などの寸法補助線を形状情報10014で管理する。文字セル18014では注記1707や寸法1503、部品番号1504の文字配置位置と文字コード列を文字情報として管理する。投影図象セル18015では次の投影図象セル18015のポインター18016、投影图形セル18019へのポインター18017、投影図象情報18018を管理する。投影図象情報18018では配置情報から投影データを生成のための座標変換情報を管理する。系統ライン602の場合もとから図面上での配置情報であり、座標変換情報は単位マトリックスとなる。投影图形セル18019では機器601、系統ライン602、ルート604、部品603などの投影データを記述し、次の投影图形セル18019へのポインター18020、投影形状セル18023へのポインター18021、投影图形情報18022を管理する。投影图形情報18022では投影対象となる機器601、系統ライン602、ルート604、部品603などの名称を管理し、配置情報やルート情報をリンクするためのキーとなる。投影形状セル18023では次の投影形状セル18023へのポインター18024、投影形状情報18025を管理する。投影形状情報18025では投影データ1501を管理する。その他図面情報は属性セル7012の属性情報で管理する。

【0071】本発明の実施例としてはプラント構造物の設計生産への適用を中心に述べてきたが、本発明は建築、船舶、鉄道車両、航空機、自動車、医療機器などの配管を含む一般構造物のレイアウト設計生産活動にも適用できる。また、半導体を利用した集積回路では、さらに、実装密度を高めるため、三次元的な構造化が必要になるものと考えられ、このような設計生産活動にも本発明を適用できる。

【0072】

【発明の効果】計算機の表示画面を介して、対話的にプラントを構成する機器をプラント空間に容易に最適配置することが出来る。

【0073】また、プラント機器の基本設計情報から詳細設計情報、更には生産情報までを一貫して生成することができ、設計生産の大幅な効率向上や設計生産工程の短縮、設計採算の工場が図れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は実空間展開処理の説明図。

【図2】図2は生産展開処理の説明図。

【図3】図3は施工展開処理の説明図。

【図4】図4は製作展開処理の説明図。

【図5】図5はプラント設計生産一貫システム構成の説明図。

【図6】図6はプラント設計生産一貫システムでのデータフローの説明図。

【図7】図7は配置情報の管理方法の説明図。

【図8】図8は基本図形及びその組合せ方法の説明図。

【図9】図9はシンボル形状及び厚み付け形状の説明図。

【図10】図10は機器設計情報の管理の方法の説明図。

【図11】図11は建屋の配置、空間の管理方法の説明図。

【図12】図12は実空間展開処理の詳細な説明図。

【図13】図13はルート形状の説明図。

【図14】図14は施工展開処理の詳細な説明図。

【図15】図15は施工図の説明図。

【図16】図16は製作展開処理の詳細な説明図。

【図17】図17は製作図の説明図。

【図18】図18は図面情報の管理方法の説明図。

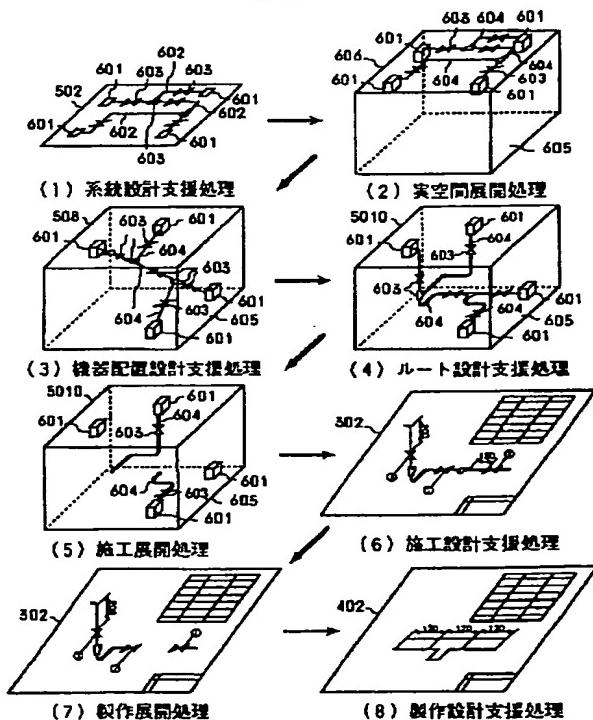
【符号の説明】

1-1…計算機、1-2…論理接続情報、1-3…実空間展開処理、1-4…立体構造物配置情報、1-5…入出力インターフェイス、1-6…設計者、1-7…データベース、2-1…生産展開処理、2-2…生産情報、3-1…施工展開処理、3-2…施工設計情報（施工図）、4-1…製作展開処理、4-2…製作設計情報（製作図）、5-1…系統設計支援処理、5-2…系統設計情報（系統図）、5-3…機器設計支援処理、5-4…機器設計情報（機器図）、5-5…建屋設計支援処理、5-6…建屋設計情報（建屋図）、5-7…機器配置設計支援処理、5-8…機器配置設計情報（配置図）、5-9…ルート設計支援処理、5-10…ルート設計情報（ルート図）、5-11…施工設計支援処理、5-12…製作設計支援処理、6-1…機器、6-2…系統ライン、6-3…部品、6-4…ルート、6-5…配置空間、6-6…初期設計案、7-1…グループセル、7-2…次のグループセルへのポインター、7-3…点セルへのポインター、7-4…属性セルへのポインター、7-5…グループ情報、7-6…点セル、7-7…次の点セルへのポインター、7-8…接続セルへのポインター、7-9…位置情報、7-10…配置情報、7-11…接続セル、7-12…属性セル、8-1…基本图形、8-2…集合演算モード、8-3…保守空間（干渉チェック用の形状）、9-1…シンボル形状、9-2…断面形状、9-3…三次元形状、10-1…機器セル、10-2…次の機器セルへのポインター、10-3…图形セルへのポインター、10-5…機器情報、10-6…图形セル、10-7…次の图形セルへのポインター、10-8…形状セルへのポインター、10-9…基準点セルへのポインター、10-10…图形情報、10-11…形状セル、10-12…次の形状セルへのポインター、10-13…形状情報、10-14…基準点セル、10-15…次の基準点へのポインター、10-16…基準点情報、11-1…プラント座標系、11-2…建屋座標系、11-3…機器座標系、11-4…建

屋、11-5…通り番、11-6…セクション、11-7…建屋セル、11-8…次の建屋セルへのポインター、11-9…通り番セルへのポインター、11-10…セクションセルへのポインター、11-11…建屋情報、11-12…通り番セル、11-13…次の通り番セルへのポインター、11-14…通り番情報、11-15…セクションセル、11-16…次のセクションセルへのポインター、11-17…セクション情報、11-18…プラント空間、11-19…建屋以外の空間、12-1…系統設計情報検索、12-2…系統設計情報表示、12-3…配置空間設定、12-4…配置空間情報検索、12-5…系統設計情報記述範囲算出、12-6…配置空間サイズ算出、12-7…写像関数算出、12-8…機器配置設計情報展開、12-9…ルート設計情報展開、12-10…実空間展開範囲表示変更、14-1…ルート設計情報検索、14-2…ルート設計情報表示、14-3…施工展開範囲設定、14-4…施工設計情報(施工図)生成、14-5…施工展開範囲表示変更、15-1…投影データ、15-2…部品表、15-3…寸法、15-4…部品番号、15-5…図面名称、

【図6】

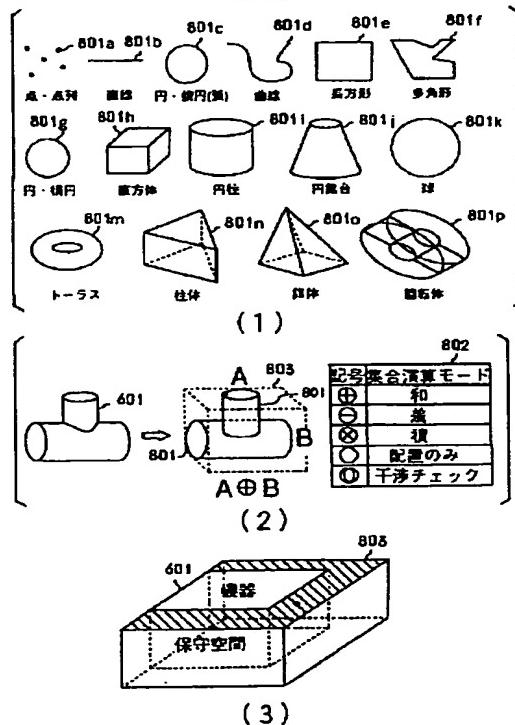
図6



16-1…施工設計情報検索、16-2…施工設計情報表示、16-3…製作展開範囲設定、16-4…製作設計情報(製作図)生成、16-5…製作展開範囲表示変更、17-1…溶接形状パターン、17-2…注記、18-1…図面セル、18-2…次の図面セルへのポインター、18-3…図象セルへのポインター、18-4…投影図象セルへのポインター、18-5…図面情報、18-6…図象セル、18-7…次の図象セルへのポインター、18-8…図象图形セルへのポインター、18-9…図象情報、18-10…図象图形セル、18-11…次の図象图形セルへのポインター、18-12…文字データセルへのポインター、18-13…図象图形情報、18-14…文字セル、18-15…投影図象セル、18-16…次の投影図象セルのポインター、18-17…投影图形セルへのポインター、18-18…投影图形情報、18-19…投影图形セル、18-20…次の投影图形セルへのポインター、18-21…投影形状セルへのポインター、18-22…投影图形情報、18-23…投影形状セル、18-24…次の投影形状セルへのポインター、18-25…投影形状情報。

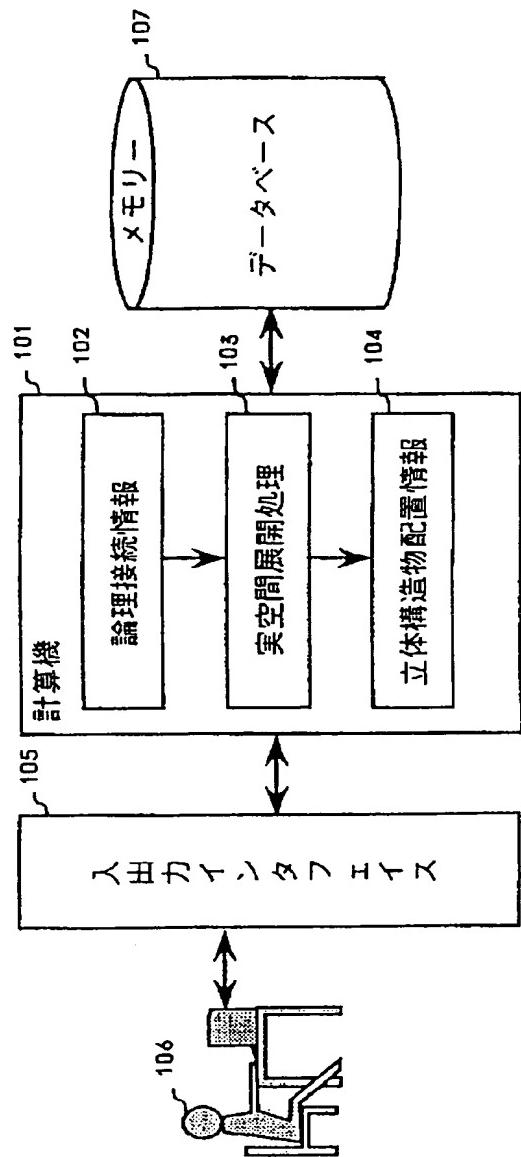
【図8】

図8



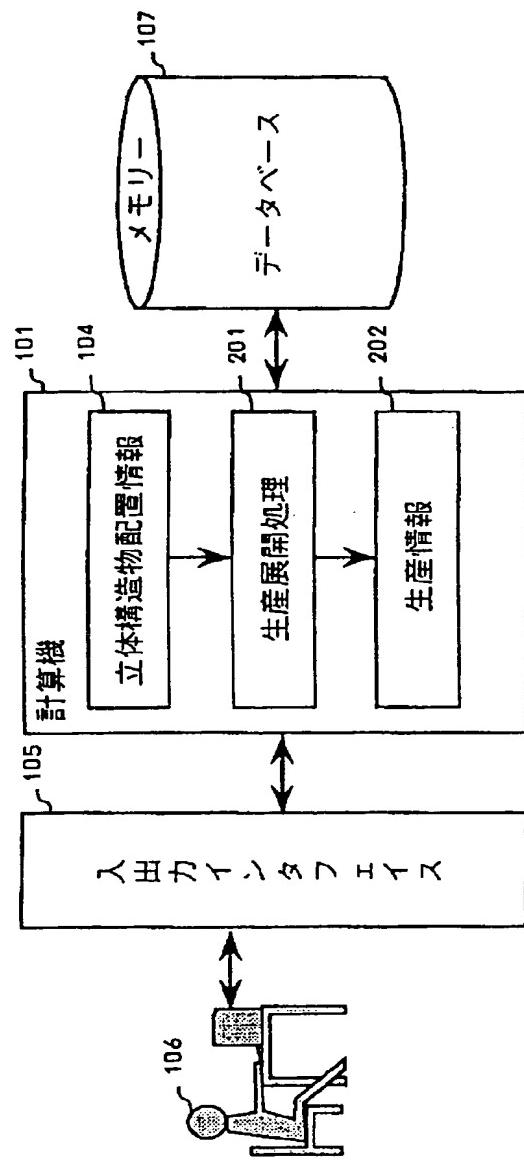
【図1】

図 1



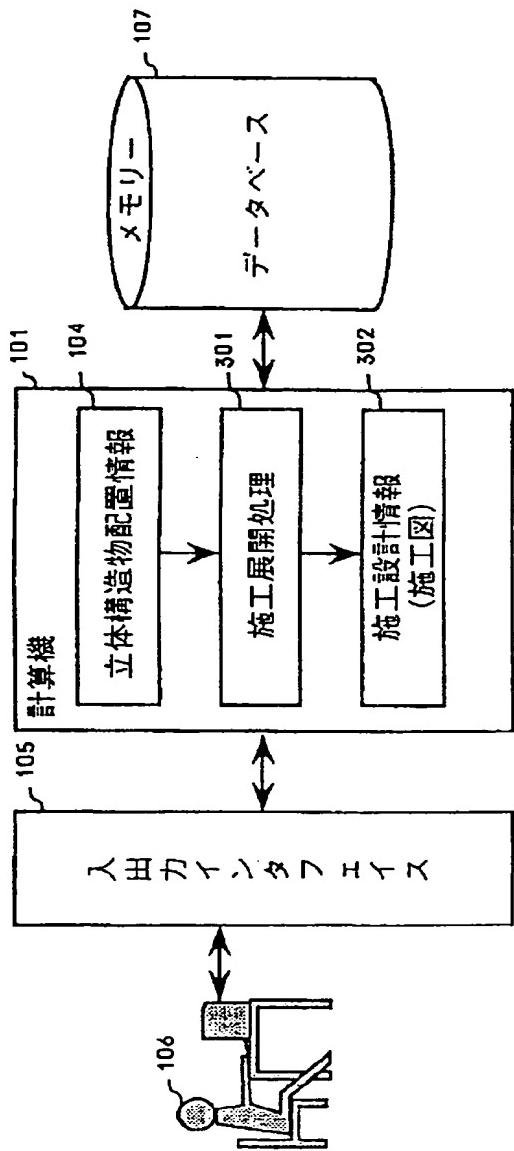
【図2】

図 2



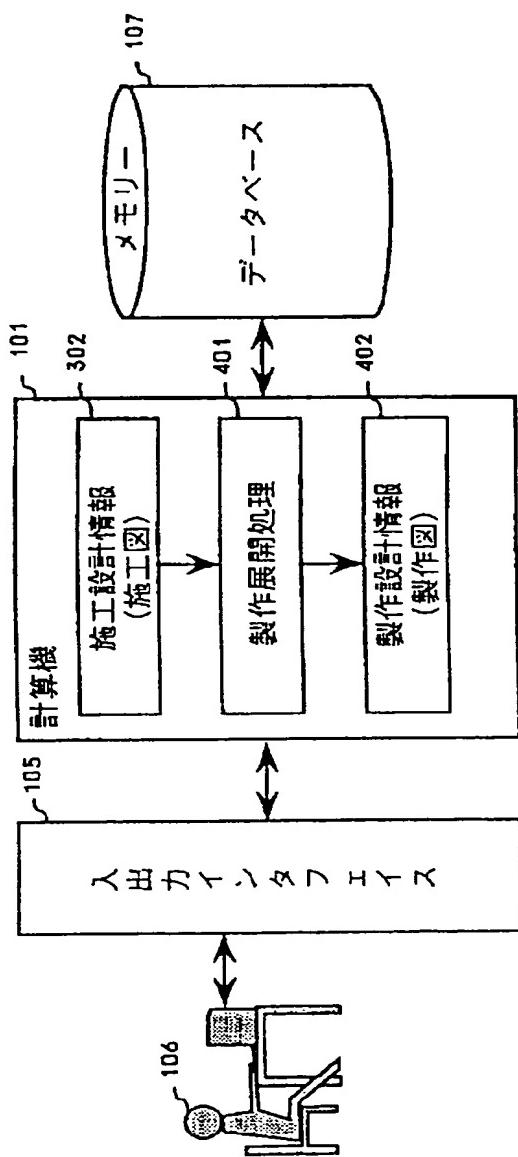
【図3】

図3



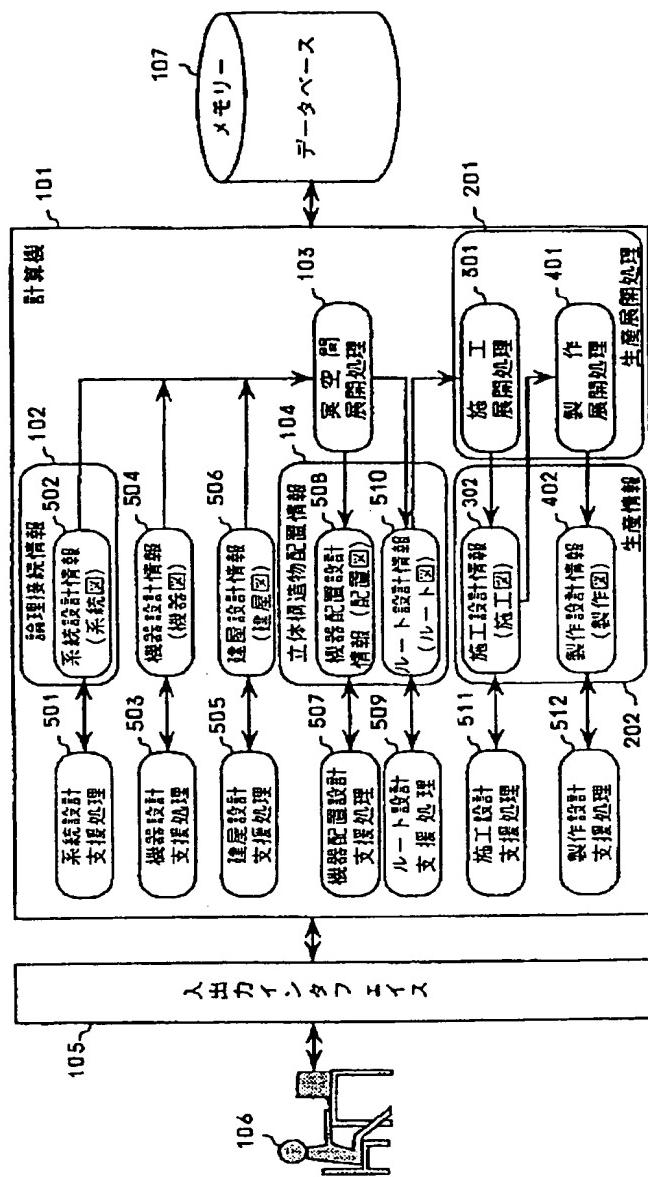
【図4】

図4



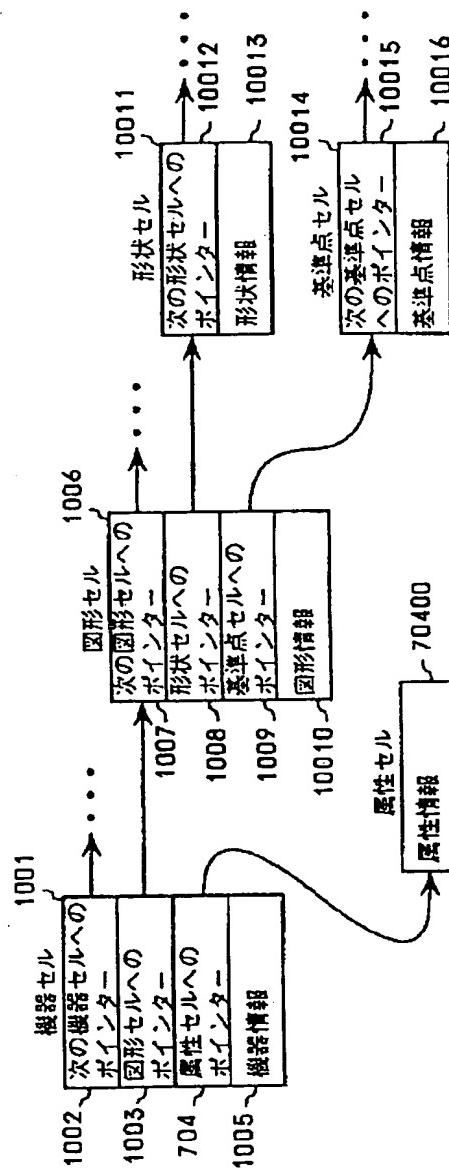
【図5】

図 5



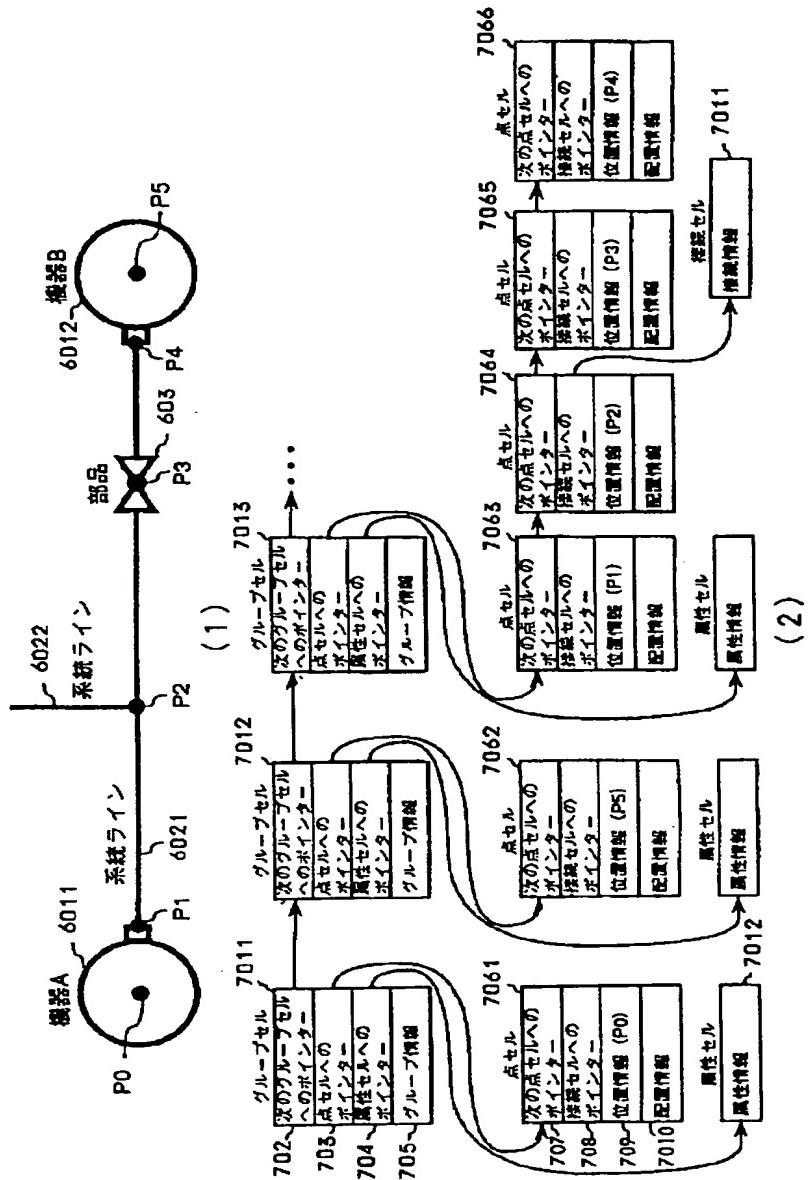
【図10】

図 10

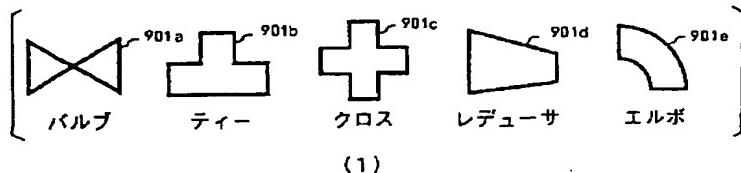


【図7】

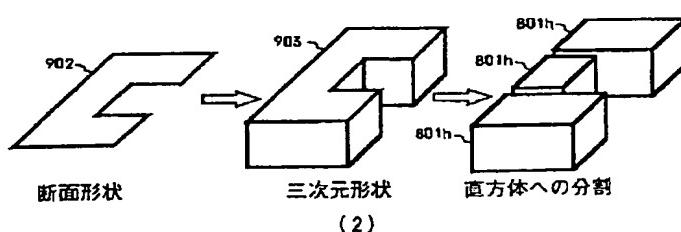
図7



【図9】



(1)



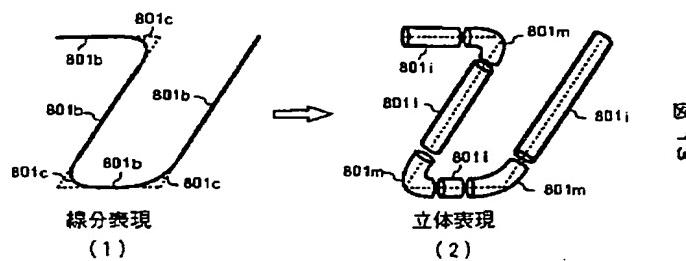
断面形状

三次元形状

直方体への分割

(2)

【図13】



線分表現

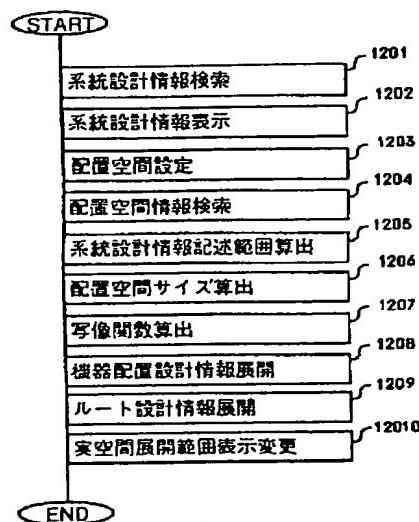
(1)

立体表現

(2)

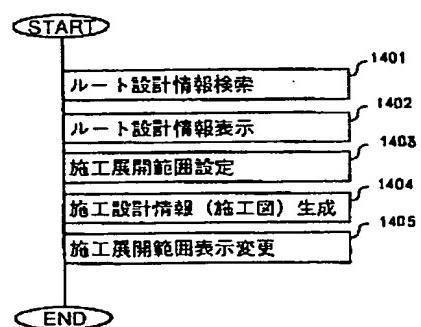
【図12】

図12



【図14】

図14



【図15】

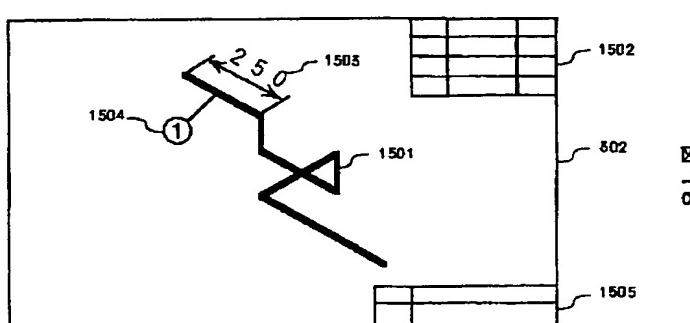
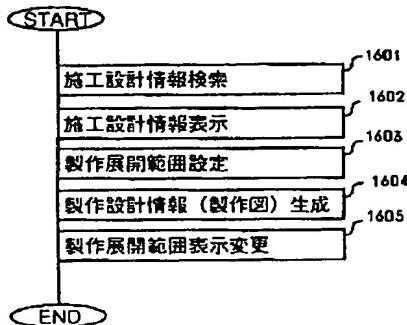


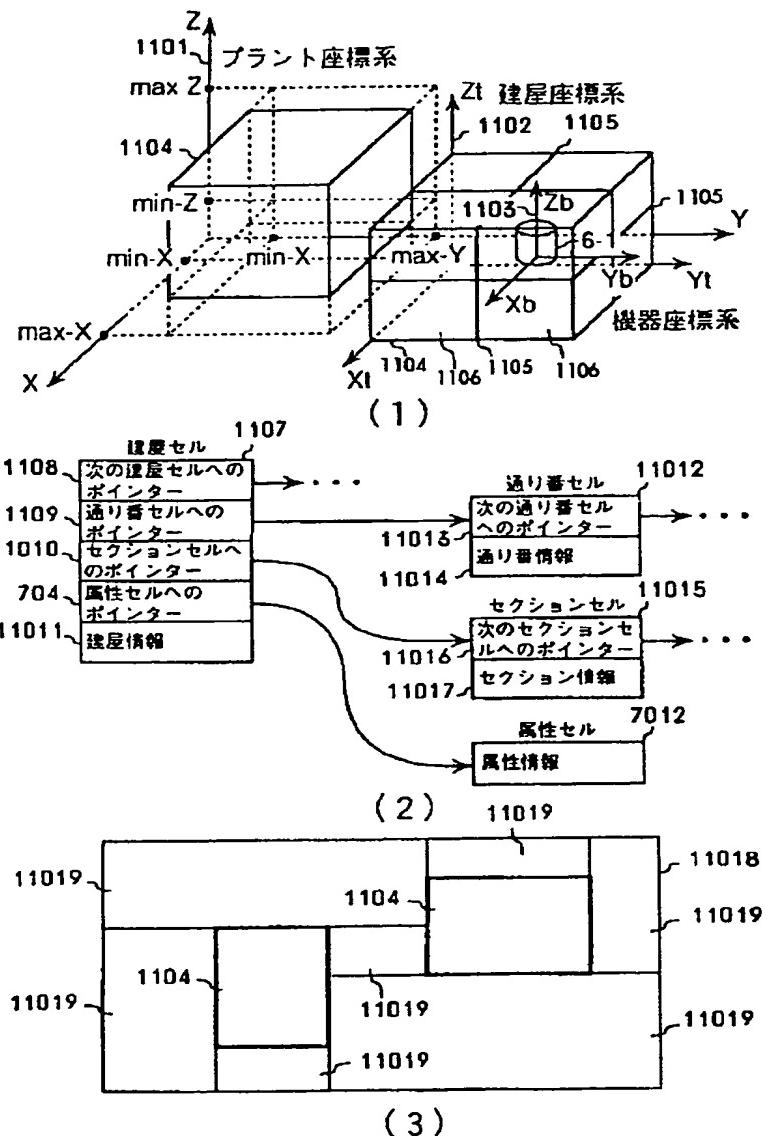
図15

【図16】

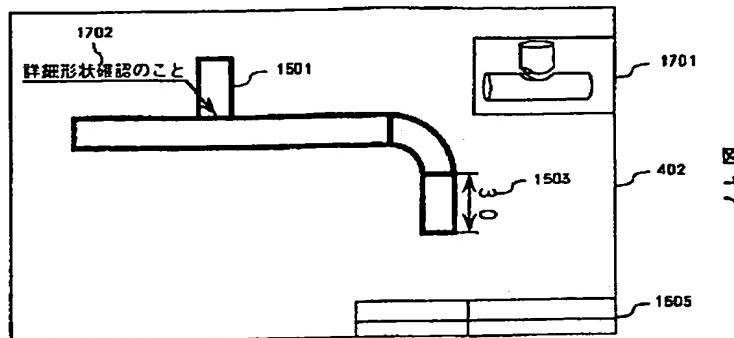


【図11】

図11



【図17】



【図18】

図 18

